

104585-01-0000-GEN-SMA-0002  
Revision Number 0

# **Albemarle**

## **Estudio Historia de Vida de Especies Vegetales Azonales del Salar de Atacama**

### **Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016)”**

## **Informe Anual N° 2/2021**

Diciembre de 2021



**Región de Antofagasta**

**Estado de Revisiones**

Rev.	Fecha	Descripción	Preparó	Revisó Chequeó	Aprobó Gte. Proyecto	Aprobó Gte. Medio Ambiente	Aprobó Cliente
A	27/12/2021	Informe anual para SMA: 2021	Patricio Olivares Aarón Cavieres	Nataly De La Fuente	Patricio Olivares	Andrés López	
B	28/12/2021	Informe anual para SMA: 2021 Revisión y Comentarios	Patricio Olivares Aarón Cavieres	Nataly De La Fuente	Patricio Olivares	Andrés López	Paulette San Martín
0	30/12/2021	Informe anual para SMA: 2021 Para Ingreso	Patricio Olivares Aarón Cavieres	Nataly De La Fuente	Patricio Olivares	Andrés López	Paulette San Martín

---

## Índice de Contenidos

<b>1</b>	<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Introducción</b>	<b>2</b>
2.1	Responsables de las actividades	11
<b>3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Tarea: Instalación, implementación y operación de un vivero en el Salar de Atacama</b>	<b>13</b>
4.1	Objetivos	13
4.2	Indicadores	13
4.3	Metas	14
4.4	Metodología	14
4.4.1	Obtención y mantención de material reproductivo	14
4.4.2	Propagación	16
4.4.3	Desarrollo de las plantas	18
4.4.4	Manejo de los espacios y el equipamiento	19
4.5	Diseño del vivero	20
4.5.1	Superficie	20
4.5.2	Tipo de terreno	22
4.5.3	Clima	23
4.5.4	Tipo de producción	25
4.5.5	Tipos de tratamiento de las plantas	27
4.5.6	Sistema de control climático	27
4.5.7	Sistema de riego	31
4.5.8	Sistema de abastecimiento eléctrico	33
4.5.9	Abastecimiento de sustrato	33
4.5.10	Oficinas y bodegas	34
4.6	Equipo de trabajo, roles y responsabilidades	35
4.7	Modelo de supervisión, monitoreo y reportes	36
<b>5</b>	<b>Plazos instalación</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>Resultados</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Discusión</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>Referencias</b>	<b>47</b>

---

## Indice de Tablas

Tabla 2-1:	Identificación de Considerando de la RCA reportada en base a numeral 7.- Plan de Seguimiento Ambiental propuesto en el EIA y sus Adendas	6
Tabla 2-2:	Responsables por actividad reportada	11
Tabla 4-1:	Variables e indicadores de éxito del vivero	13
Tabla 4-2:	Superficies del vivero	20
Tabla 4-3:	Datos climáticos de la Estación Albemarle para el año 2020	24
Tabla 4-4:	Especies seleccionadas según tipo de reproducción	26
Tabla 4-5:	Roles y responsabilidades del equipo de trabajo	36
Tabla 4-6:	Formulario de levantamiento de información de especies con reproducción asexual	38
Tabla 4-7:	Formulario de levantamiento de información de especies reproducidas sexualmente	40
Tabla 5-1:	Plazos de instalación del vivero	42
Tabla 6-1:	Síntesis de resultados en la producción de plantas para el año 2021	43

---

## Indice de Figuras

Figura 2-1:	Area de estudio del proyecto (Fuente: CEA Ltda, 2015)	3
Figura 2-2:	Localización del vivero en el Salar de Atacama	4
Figura 2-3:	Plano de ubicación del vivero en la planta de Albemarle	5
Figura 4-1:	Distribución y funciones de secciones en vivero	22
Figura 4-2:	Tipo de suelo en sitio de emplazamiento del vivero	23
Figura 4-3:	Propiedades óptimas y térmicas de la tecnología de mallas Sun Selector TM.	28
Figura 4-4:	Propiedades de la cubierta térmica	28
Figura 4-5:	Pantallas Solares	29
Figura 4-6:	Sistema de telas o mallas coberturas	30
Figura 4-7:	Sistema de nebulización de secciones 1 y 2 del vivero	31
Figura 4-8:	Perfil de mesas de cultivo	32
Figura 4-9:	Mesas de cultivo	32
Figura 4-10:	Funcionamiento del riego por inundación de las especies Azonales	32

Figura 4-11:	Generador Mitsubishi T12 trifásico para el vivero	33
Figura 4-12:	Formato de presentación del sustrato comercial a utilizar	34
Figura 4-13:	Modulo oficina Simple	34
Figura 4-14:	Container de bodega 15 m <sup>2</sup>	35
Figura 4-15:	Organigrama de la operación del vivero	35
Figura 4-16:	Modelo de monitoreo y reportes	37

## 1 Resumen

En el año 2016, se aprobó el proyecto “EIA Modificaciones y mejoramiento del sistema pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama” a través de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 021/2016. Ahí, se adoptaron como parte del Plan de Manejo Biótico, cuatro compromisos con el fin de aumentar el conocimiento científico de los ecosistemas del Salar de Atacama. Uno de ellos es el “**Estudio de la historia de vida de especies vegetales azonales y zonales en el Salar de Atacama**”, cuyo objetivo general es producir, sembrar, propagar y plantar especies vegetales azonales y zonales presentes en el área de interés y producir un stock de plantas, asegurando su conservación y la necesidad de enriquecer áreas.

El Proyecto se desarrolla en la Región de Antofagasta, Provincia de El Loa, comuna de San Pedro de Atacama, en el borde sur del Salar de Atacama, a 27 kilómetros al oriente de la localidad de Peine, a una altura geográfica aproximada de 2.300 m.s.n.m. en el área denominada Núcleo del Salar, la cual corresponde a un cuerpo salino formado de costras duras de cloruro de sodio y depósitos minerales. Las áreas de estudio, en el marco del proyecto, corresponden a los sistemas hidrológicos: Peine (L. Interna, L. Saladita y L. Salada), La Punta y La Brava, Soncor y Aguas de Quelana. En estos sistemas hidrológicos se encuentran diferentes ecosistemas de tipo azonal, dentro de los cuales destacan: la marisma de *Ruppia filifolia*, el Herbazal de *Stipa atacamensis-Arenaria rivularis*, las Vegas de *Baccharis juncea-Juncus arcticus-Distichlis spicata* y el Matorral de *Pluchea absinthioides-Distichis spicata*.

Como parte de las actividades programadas para cumplir con el compromiso indicado anteriormente, se consideró trabajar durante cuatro años en la revisión y análisis del estado de conocimiento de las especies que crecen en el área del Salar de Atacama, la prospección de los ecosistemas y sus especies en terreno, la recolección de material genético, para el posterior estudio de técnicas de propagación. A su vez, a partir de los resultados de este proyecto, se espera determinar técnicas de producción de especies vegetales de diferentes especies, con diferentes objetivos, usos y fines.

De esta forma, y con el fin de cumplir con el objetivo del estudio, se generó como subcompromiso la instalación, implementación y operación de un vivero en el Salar de Atacama, con una capacidad para 5000 individuos, hito que se cumplió durante el año 2021.

En virtud de lo anterior, se presenta a continuación el avance de las actividades que se están desarrollando con ocasión del proyecto, en el marco del compromiso “**Estudio de la historia de vida de especies vegetales azonales y zonales en el Salar de Atacama**” durante el periodo asociado al año 2021 conforme a lo establecido en la Resolución Exenta SMA N°223/2015 de la Superintendencia de Medio Ambiente, que dicta Instrucciones generales sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los Informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental.

## 2 Introducción

En el año 2016, en el marco del proyecto “EIA Modificaciones y mejoramiento del sistema pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama” calificado ambientalmente a través de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 021/2016, se propuso voluntariamente, como parte del Plan de Manejo Biótico, cuatro compromisos con el objetivo de aumentar el conocimiento científico de los ecosistemas del Salar de Atacama. Uno de ellos es el **Estudio de la historia de vida de especies vegetales azonales y zonales en el Salar de Atacama**, cuyo objetivo general es producir, sembrar, propagar y plantar especies vegetales azonales y zonales presentes en el área de interés y producir un volúmen de plantas, con el objeto de asegurar su conservación y la necesidad de enriquecer áreas.

A fines del año 2019, Albemarle adjudicó la licitación de la Implementación del Compromiso Ambiental Voluntario: “Estudio Historia de Vida de especies vegetales azonales, Salar de Atacama” a Ausenco.

El Proyecto Estudio Historia de Vida de especies vegetales azonales, Salar de Atacama, se desarrolla en la Región de Antofagasta, Provincia de El Loa, comuna de San Pedro de Atacama, en el borde sur del Salar de Atacama, a 27 kilómetros al oriente de la localidad de Peine, a una altitud aproximada de 2.300 m.s.n.m., en el área denominada Núcleo del Salar, la cual corresponde a un cuerpo salino formado de costras duras de cloruro de sodio y depósitos minerales. Las áreas de estudio en el marco del proyecto corresponden a los sistemas hidrológicos: Peine (L. Interna, L. Saladita y L. Salada), La Punta y La Brava, Soncor y Aguas de Quelana. En estos sistemas hidrológicos se encuentran diferentes ecosistemas de tipo azonal, dentro de los cuales destacan: la marisma de *Ruppia filifolia*, el Herbazal de *Stipa atacamensis-Arenaria rivularis*, las Vegas de *Baccharis juncea-Juncus arcticus-Distichlis spicata* y el Matorral de *Pluchea absinthioides-Distichlis spicata*.

La Figura 2-1 muestra el área de influencia del proyecto.

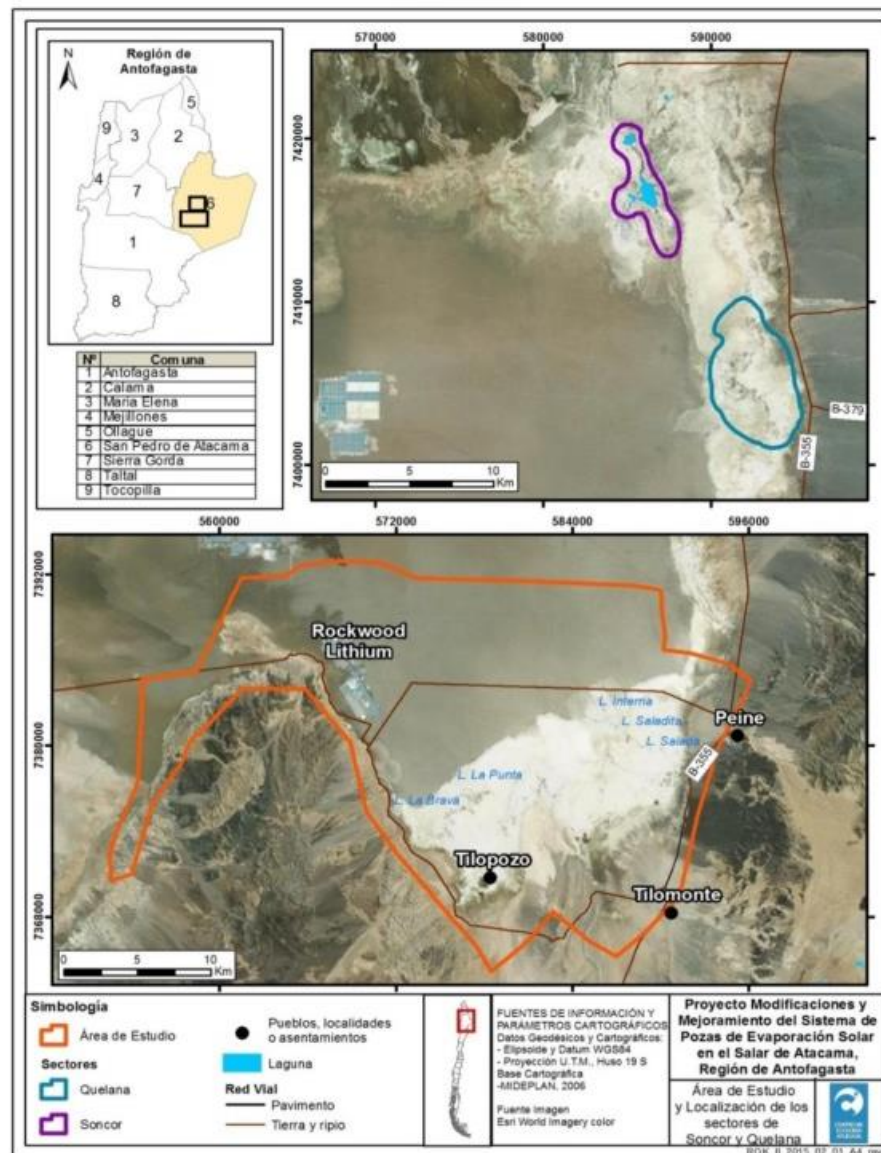


Figura 2-1: Área de estudio del proyecto (Fuente: CEA Ltda, 2015)

El proyecto contempla el trabajo durante cuatro años para revisar y analizar el estado de conocimiento de las especies que crecen en el área del Salar de Atacama, la prospección de los ecosistemas y sus especies en terreno, la recolección de material genético, para su posterior estudio de técnicas de propagación. A su vez, a partir de los resultados de este proyecto, se espera determinar técnicas de producción de especies vegetales de diferentes especies, con diferentes objetivos usos y fines.



Cabe destacar que la componente de estudio es “biota” y el subcomponente es “flora y vegetación”.

Para cumplir con este compromiso, se ha instalado un vivero en la Planta Salar de Albemarle ubicada en la Región de Antofagasta, en la comuna de San Pedro de Atacama y a 22 kilómetros al oeste de la localidad de Peine. La Figura 2-2 muestra la localización del vivero. La Figura 2-3 muestra la zona de ubicación del vivero al interior de la planta de Albemarle.



**Figura 2-2: Localización del vivero en el Salar de Atacama**

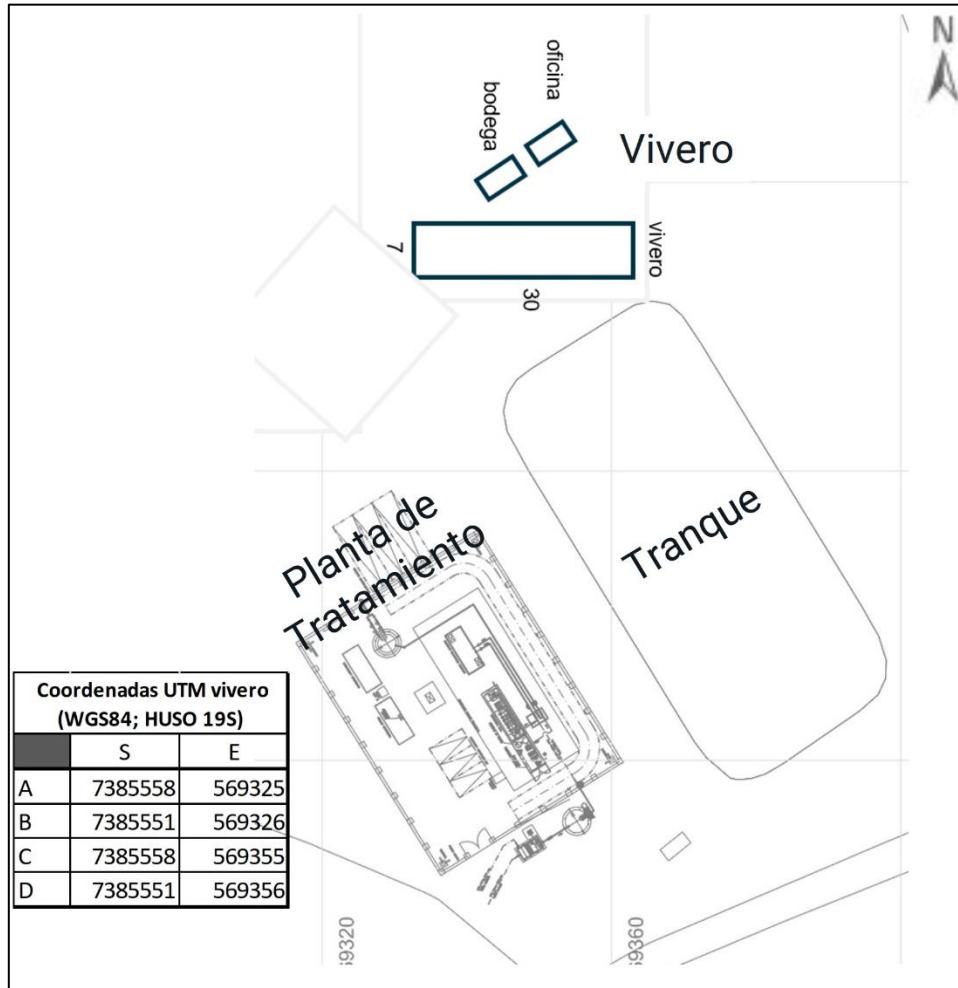


Figura 2-3: Plano de ubicación del vivero en la planta de Albemarle

A continuación, se detallan los compromisos asumidos por Albemarle en la RCA 021/2016. En la Tabla 2-1 se transcriben los Considerandos que dan origen al presente Informe anual.

**Tabla 2-1: Identificación de Considerando de la RCA reportada en base a numeral 7.- Plan de Seguimiento Ambiental propuesto en el EIA y sus Adendas**

RCA y Adenda	Considerando	TRANSCRIPCIÓN COMPROMISO
Adenda 5, Anexo 2	5.1 Historia de vida especies vegetales azonales	<p>El objetivo de este estudio es producir, sembrar, propagar y plantar especies vegetales azonales presentes en el área de interés y producir un stock de plantas, con el objeto de asegurar su conservación.</p>
		<p><b>5.1.2 VIVERIZACIÓN</b>                      Se construirá un vivero en una localidad vecina al área de interés, el cual será operado y mantenido de acuerdo a los más altos estándares de producción de plantas, incluyendo el uso de sustratos inertes, control fitosanitario, riego controlado, monitoreo de crecimiento e inventarios mensuales.</p>
		<p><b>5.1.2.1 Infraestructura y sistemas operativos</b>                      La instalación contempla la construcción de un invernadero y sombreadero, con capacidad de hasta 5.000 individuos, contemplando el desarrollo de ensayos de propagación y plantación.</p>
		<p><b>5.1.2.2 Clasificación botánica de especies</b>                      Considerando la diversidad de especies presentes en el área de estudio, se hace necesaria su clasificación botánica, para evitar confusiones en la viverización. Así por ejemplo existen una gran diversidad de especies pertenecientes a la familia de las Asteráceas, dentro de las cuales se destacan los géneros Parastrephia y Senecio.                      Por lo anterior, se considera que, en cada recorrido y colecta de material, se deberá observar las especies presentes, para luego coleccionar y herborizar material vegetal no clasificado.                      Para asegurar el éxito en la clasificación botánica, las muestras serán tomadas si los individuos presentan alguna estructura reproductiva como flores o frutos y con la supervisión de un especialista.</p>
		<p><b>5.1.2.3 Registros</b>                      El personal a cargo del vivero contará con protocolos para realizar el registro de toda la información que se va generando en el proceso y que es de utilidad para la toma de decisiones durante su viverización. Además, se registrará sistemáticamente toda la información generada en el vivero, incluyendo: temperaturas diarias máximas y mínimas, internas y externas al invernadero; horarios de apertura y cierre del invernadero; colecta de material sexual y asexual; registro de</p>

RCA y Adenda	Considerando	TRANSCRIPCIÓN COMPROMISO
		<p>siembras y propagación vegetativa; riego; aplicación de agroquímicos; inventario de plantas en propagación, crecimiento y desarrollo y aclimatación.</p> <hr/> <p>5.1.2.4 Colecta y conservación de material vegetal La colecta, conservación y registro del material vegetal, será realizado por personal especialista y previamente capacitado.</p> <p>5.1.2.5 Colecta y conservación de semillas Debido a que, en el área de estudio, la mayoría de las especies vegetales presenta reproducción por semillas, manifestándose este estado fenológico principalmente en primavera-verano, se propone coleccionar las semillas en el inicio del periodo de otoño.</p> <p>Para cumplir con la cantidad y calidad de especies vegetales propuestas, se considerarán las actividades que se están realizando en cuanto a colecta y conservación de semillas, de acuerdo al siguiente orden cronológico:</p> <p>a) Planificación para la recolección de semillas: en este ítem claramente, se debe destacar que, para el vivero, se requiere de colecta de material que contenga alta diversidad genética. Para ello en campañas de prospección preliminar, se identificarán visualmente sectores con agrupaciones de individuos vegetales descritas en la línea de base y otras especies no descritas que han destacado por su floración o fructificación, registrando para cada área, los diferentes estados fenológicos. Dada la alta diversidad de especies propuestas y el errático comportamiento de formación de semillas de la flora silvestre en el medio natural, se ejecutarán campañas de colecta sistemáticas, de forma tal que permitirán generar información científica de estas especies.</p> <p>Se considera la capacitación previa del personal para la ejecución adecuada de los protocolos de colecta, identificación y almacenaje de semillas, así como para reconocer las especies vegetales y realizar los registros correspondientes.</p> <p>b) Recolección de semillas: se programarán campañas de recolección de semillas y material vegetativo para abastecer el invernadero y se confeccionará un plan de almacenamiento y guarda de material de propagación.</p> <p>c) Recolección de datos: la información generada durante la colecta constituye una valiosa información desde el punto de vista científico, razón por la cual el registro en terreno, contribuirá con información para la viverización de las especies vegetales presentes en el área de interés para su futuro establecimiento en zonas específicas.</p>

RCA y Adenda	Considerando	TRANSCRIPCIÓN COMPROMISO
		<p>d) Manejo de postcosecha: las semillas colectadas en diferentes sectores del área de estudio se almacenarán en un lugar seco y fresco (con temperaturas estables de 4 – 5 °C), en caso de que no se proceda inmediatamente al tratamiento y siembra después de la colecta. A las semillas colectadas se les realizará mediciones y análisis de germinación, para obtener mayor información, que aportará con el conocimiento científico de las especies. Por lo tanto, por lote de colecta se determinará el peso total, porcentaje de impureza, análisis de germinación y número de semillas por kilo.</p> <hr/> <p>5.1.2.6 Colecta y conservación de material vegetativo</p> <p>Para cumplir con la cantidad y calidad de especies vegetales propuestas, se realizará la colecta y conservación de material vegetativo, cumpliendo el siguiente orden cronológico:</p> <p>a) Planificación para la colecta de material vegetativo: para realizar una colecta eficiente del material vegetativo, se planificará tal labor en base a los tiempos disponibles, a la capacidad de infraestructura, espacio y disponibilidad de mano de obra capacitada en el vivero. En cada campaña, se fijará un objetivo claro de colecta, con un listado de las especies, estructuras y cantidades a adquirir. Lo anterior, apoyado por una adecuada preparación de materiales, insumos y equipos necesarios para realizar de manera segura y eficiente tal labor. Antes de cada colecta, se realizará una prospección de la zona de distribución natural de las especies colectadas, para determinar definitivamente de que poblaciones se colectará el material, para así aumentar la diversidad genética, colectando de diferentes plantas madre.</p> <p>b) Recolección de datos: la información generada durante la colecta constituye una valiosa herramienta desde el punto de vista científico, razón por la cual el registro en terreno contribuirá con información para la viverización de las especies vegetales y para su futuro establecimiento en zonas específicas. Para realizar de manera eficiente la recolección de datos, se prepararán cajas para el traslado del material con etiquetas impresas, que detallan la información que debe registrarse en terreno.</p> <p>c) Manejo de postcosecha de material vegetativo: para evitar deshidratación, pérdida de calidad o muerte, se realizarán manejos de postcosecha, con el objeto de no exponer al material a una condición de alta luminosidad, viento y temperaturas extremas.</p>

RCA y Adenda	Considerando	TRANSCRIPCIÓN COMPROMISO
		<p><b>5.1.2.7 Propagación</b></p> <p>Para lograr el objetivo de propagar la diversidad y número de especies propuestas, se requerirá realizar tanto propagación sexual como la asexual. Sin embargo, se priorizará en la mayoría de los casos la propagación sexual (por semillas), ya que permite generar individuos con mayor diversidad genética y, por lo tanto, con mayor probabilidad de sobrevivencia frente a las estresantes condiciones agroclimáticas presentes en el área de interés.</p> <p>En términos generales, la propagación sexual será orientada y ejecutada a partir de semillas colectadas exclusivamente en el área de interés. Para ello, dependiendo de cada especie, se sembrará en almacigo directo y/o bandeja de speedling, previa imbibición de las semillas por 24 - 48 hrs, u otro tratamiento de pregerminación. El número de semillas y disposición de ellas en cada almacigo, variará dependiendo de los análisis y ensayos de germinación a realizar para cada especie, de acuerdo a las indicaciones del experto en propagación. En esta etapa se presentará un programa de tipo de siembra asociada a cada una de las especies. La actividad de siembra será controlada e informada en cuanto a destino de cada una de las semillas, es decir, planteando técnicamente qué semillas serán distribuidas en cama caliente, contenedor speedling o bolsa.</p> <p>Con respecto a la propagación asexual, esta se ejecutará principalmente por división de plantas, aplicando en algunos casos hormona en polvo, para estimular y acelerar el enraizamiento, si corresponde.</p> <hr/> <p><b>5.1.2.8 Manejo del vivero</b></p> <p>El manejo del vivero considerará las siguientes actividades:</p> <p>a) Preparación de sustratos: los sustratos utilizados para la viverización de las especies vegetales corresponden a turba, perlita y tierra vegetal del sector (previamente seleccionada). Las mezclas de sustrato a utilizar, para cada especie, deberán justificarse técnicamente (procedimiento de específico).</p> <p>b) Repique de plántulas: el repique de plantas consiste en la actividad de traslado de plantas desde contenedor inicial (cama caliente, speedling o bolsa pequeña) hacia el contenedor definitivo que será despachado a terreno u otro lugar. Para esta actividad también se tendrá un procedimiento específico, que asegure un destino final óptimo para los individuos propagados.</p> <p>c) Riego: el adecuado manejo del riego en el vivero permitirá mantener de manera eficiente y exitosa las especies vegetales. Para la ejecución de esta labor se contempla capacitar al</p>

RCA y Adenda	Considerando	TRANSCRIPCIÓN COMPROMISO
		<p>personal considerando que en el futuro existirá una gran diversidad en especies y contenedores, que requerirán riegos y frecuencias diferentes.</p> <p>d) Aplicación de agroquímicos: para el manejo sustentable del vivero, se requiere que los manejos agronómicos sean realizados de manera eficiente. De esta forma, las plantas se encontrarán en condiciones óptimas de desarrollo y se podrá evitar en gran parte el ataque de plagas y enfermedades. Sin embargo, es relevante destacar que, en algunas etapas del desarrollo, se deben aplicar de manera preventiva productos químicos para evitar el ataque de enfermedades que en general afectan las especies vegetales. Por ejemplo, en estado de germinación y plántula, el ataque de hongos vasculares es muy común y afecta severamente a los almácigos. Para este trabajo se implementará un programa de aplicación acorde a las especies, cumpliendo con toda la normativa vigente referente a salud y seguridad ocupacional.</p> <p>e) Manejo de temperatura: Para estimular el crecimiento de las especies vegetales, las temperaturas internas del invernadero se mantendrán en un rango de temperaturas entre 18 y 22 °C. Sin embargo, debido a las condiciones extremas del sector, el manejo de temperaturas dentro del invernadero será complejo. Es por ello que el correcto uso del climatizador es fundamental y se deberá coordinar de manera oportuna la apertura o cierre de estructuras (ventanas laterales y/o puertas) para subir o bajar temperaturas según corresponda. Es necesario considerar que estas labores no siempre son suficientes para la condición climática extrema presente y se debe apoyar con riegos adicionales, con la debida precaución de no sobre regar las especies y provocar un anegamiento de estas. Para ello, se mantendrá un registro diario de las temperaturas máximas y mínimas del invernadero.</p> <p>Por otro lado, la cama caliente instalada dentro del invernadero deberá ser programada a temperatura tal que sea posible la germinación de las distintas especies. A su vez es fundamental el control y registro de ésta.</p>

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos durante el año 2021 del Estudio de la Historia de Vida de las Especies Vegetales Azonales del Salar de Atacama, los cuales han sido ejecutados y reportados por Ausenco, equipo Consultor que ejecutó estas actividades.

Las Tareas tratadas en este segundo año de trabajo se refieren a la instalación, implementación y operación del vivero en el Salar de Atacama.

## 2.1 Responsables de las actividades

La Tabla 2-2 muestra los responsables por las actividades que se reportan.

Tabla 2-2: Responsables por actividad reportada

EMPRESA/EQUIPO DE TRABAJO	ACTIVIDAD	INTEGRANTES
Albemarle	Revisión y Coordinación	Paulette San Martín (Líder de Monitoreo y Seguimiento Ambiental)
Ausenco	Instalación, Implementación y Operación del Vivero	Patricio Olivares (Jefe de Proyecto) Aarón Cavieres (Supervisor de Vivero) José Bravo (Asistente de Vivero) Judith Cruz (Asistente de Vivero) Maritza Mihoc (Asistente Científica)
Ausenco	Revisión y Coordinación	Patricio Olivares



---

**3 Objetivos**

El Objetivo General del compromiso establecido en la RCA es: producir, sembrar, propagar y plantar especies vegetales azonales y zonales presentes en el área de interés y producir un stock de plantas, con el objeto de asegurar su conservación y la necesidad de enriquecer áreas.

Más allá de este objetivo, el propósito es la generación de conocimiento acerca de los ecosistemas azonales de altura (sistemas azonales hídricos) y sus especies de flora, así como de las artes y prácticas para asegurar su conservación.

## 4 Tarea: Instalación, implementación y operación de un vivero en el Salar de Atacama

### 4.1 Objetivos

El objetivo es la instalación de un vivero en la Planta Salar de Albemarle con una capacidad para 5000 plantas de diferentes especies nativas de ecosistemas zonales y azonales del Salar de Atacama.

Sin perjuicio de lo anterior, es importante mencionar que el vivero no solo tendrá la capacidad para contener 5000 plantas, sino que se pretende llegar a reproducir el mismo número de individuos al año 2023. Lo anterior, por medio del uso de protocolos desarrollados en laboratorio, de forma de disponer de material suficiente para el desarrollo de ensayos de trasplante a ecosistemas naturales de la zona posteriormente, así como el apoyo a comunidades locales.

### 4.2 Indicadores

Se propone al menos seis indicadores de éxito del proyecto vivero, los que están referidos a variables tales como: cantidad de ejemplares producidos; tipos de reproducción a usar; aseguramiento de la calidad de los ejemplares; condición sanitaria de las plantas; aplicación de los Protocolos de reproducción y generación de conocimiento y capacidades locales. Estos indicadores por cada una de las variables mencionadas anteriormente se presentan en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1: Variables e indicadores de éxito del vivero**

Variable	Indicador
Capacidad del Vivero	5.000 ejemplares
Cantidad de ejemplares	5.000 ejemplares disponibles para diferentes usos y para ser trasplantados antes del término del año 2023
Tipos de reproducción	Reproducción sexual y asexual exitosa
Calidad de ejemplares	Vigor y desarrollo de ejemplares: dada la diversidad de especies y arquitectura de estas, las medidas a aplicar serán: altura, diámetro al cuello de la planta, volumen de tejido aéreo, volumen de tejido subterráneo
Condición sanitaria	Se aplica un manejo sanitario de las plantas reconociendo los agentes patógenos que les atacan, así como los tratamientos que se pueden aplicar
Aplicación de Protocolos	Aplicación de protocolos de reproducción de plantas: se aplicarán diferentes protocolos de reproducción dependiendo si se trata de reproducción sexual o asexual. En el caso de la reproducción sexual se considerará, entre otros, tratamientos pregerminativos, germinación en almácigos (salvo algunos casos más complejos)

Variable	Indicador
	y repique a sustratos bajo riego o inundados. En el caso de la reproducción asexual los protocolos variarán dependiendo si se trata de esquejes o división de plantas (champas), entre otros. Lo referente a sustratos será análogo al caso sexual.
Generación de conocimiento y capacidades	Trasmisión del conocimiento generado con énfasis en las comunidades locales.

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Metas

De forma coherente con los indicadores de éxito antes planteados, a continuación, se presentan las metas alcanzadas a la fecha y las metas proyectadas:

- Vivero con capacidad para 5000 ejemplares: 100% de cumplimiento a la fecha.
- 5.000 ejemplares de plantas de diferentes especies y tratamientos al año 2023.
- Se produce ejemplares vigorosos antes de ser trasplantados a condiciones naturales.
- Se logra mantener ejemplares en buen estado de salud y se conoce resultados de diferentes tratamientos sanitarios.
- Se aplica el 100% de los protocolos de reproducción de plantas, de forma general y por especie.
- Se generan ajustes a los protocolos en base a los resultados en el vivero Planta Salar.
- Se han realizado talleres de capacitación a las comunidades locales en técnicas de reproducción de especies nativas en vivero.

### 4.4 Metodología

La metodología de trabajo para alcanzar los objetivos y metas antes señalados se basa en el desarrollo de una serie de actividades que se describen a continuación.

#### 4.4.1 Obtención y mantenimiento de material reproductivo

Esta es una de las etapas más críticas del proceso reproductivo, pues es necesario asegurar: i) la obtención de material que representara la diversidad de las poblaciones de interés; ii) que correspondan a individuos sanos y vigorosos; iii) no se afecte la continuidad de los individuos de origen; y, entre otros, iv) evitar ingresar al vivero material vegetal de otras especies que puedan constituirse en plagas al interior del vivero. Adicionalmente, en el caso de las semillas, se requirió evitar el ingreso de especies que afectarían o consumirían las semillas.

#### 4.4.1.1 Colecta y conservación de semillas y material vegetal

Para la colecta de material reproductivo, primeramente, se identifica subpoblaciones de cada especie en el área de interés, de tal modo de asegurar que la colecta comprenda y represente la diversidad de tales subpoblaciones para cada especie.

En el caso del material vegetativo a colectar para las especies arbustivas leñosas, se contempla el uso de estacas o esquejes de individuos sanos y vigorosos. En el caso de que la especie presente bulbos, raíces tuberosas u otros órganos subterráneos se considera el trabajo con estas estructuras y, cuando corresponda, la escisión del material. Finalmente, en el caso de hierbas que forman macollas (por ejemplo, gramíneas y ciperáceas) se contempla la división clonal de matas con el fin de minimizar la extracción de material de las poblaciones naturales. La recolección de material vegetativo se efectúa colocando atención en no trasladar patógenos, insectos o material vegetal de otras especies. El material colectado se dispone en contenedores de Plumavit (poliestireno expandido) para evitar daños, y mantener la humedad, y la temperatura.

La colecta de semillas se realiza en distintas poblaciones y cada población debe contener un número mínimo de 100 individuos adultos de la especie foco. Se evalúa que las semillas no tuvieran visiblemente taladradores u otras especies que pudieran afectar su viabilidad.

El material vegetativo es llevado de inmediato a la zona de propagación para iniciar una primera etapa de producción de plantas madre, que sirvan para posteriormente iniciar la producción regular de plantas para alcanzar la existencia acumulada esperada de plantas. Por la disponibilidad de recurso hídrico y espacio, mientras se instalaba el vivero en planta salar, se creó un espacio de propagación en la localidad de Peine.

En el caso de las semillas, estas se conservan en un ambiente fresco y seco, hasta el momento de iniciar el proceso de germinación.

#### 4.4.1.2 Trazabilidad de especies e individuos

Se establece un sistema para identificar y rastrear todo el material recolectado y cualquier material de la progenie<sup>1</sup> derivado de este material. De esta forma, cada colecta es individualizada a partir de rótulos indicando especie, fecha, localidad, nombre del sitio, coordenadas geográficas y alguna anotación importante al momento de la colecta.

#### 4.4.1.3 Capacitación y evaluación del personal

Actividad que corresponde a colecta, identificación y almacenaje de semillas, reconocimiento de las especies vegetales, propagación, realización de registros, etc.

Se desarrolla un proceso continuo de capacitación y evaluación del aprendizaje a lo largo de todo el proceso productivo de las plantas, desde la colecta hasta la plantación. Este se inicia con cursos de capacitación al equipo del vivero, a través de dos iniciativas: i) curso Maritza Mihoc; y

---

<sup>1</sup> Corresponde a las plantas derivadas de un individuo.

ii) Curso de propagación y viverización de Aarón Cavieres. Esto continuó con diversos cursos que abordaron las necesidades de cada momento. El personal de vivero es evaluado respecto de los temas de gestión al inicio de la operación del vivero.

#### 4.4.2 Propagación

##### 4.4.2.1 Esterilización de las áreas de propagación

La zona de propagación se ha mantenido aislada del resto de la instalación, siendo el acceso limitado sólo al personal esencial. Antes y después de la propagación, se procede a limpiar y esterilizar todas las superficies de trabajo, incluyendo bancos, paredes y puertas, bandejas, utensilios, y otras herramientas y equipos. Para ellos se lava el piso y mesones con solución de amonio cuaternario; y se aplica en la entrada y base de mesones Molusquicida, insecticida para pulgones e Insecticida para arañas LPU.

La aplicación de productos se repite cada tres meses, o ante la aparición de algún signo de la presencia de algún patógeno.

##### 4.4.2.2 Obtención y acopio de insumos

Los insumos utilizados para el sustrato corresponden a turba, arena, perlita y sustrato del salar<sup>2</sup>. En el caso de los insumos a adquirir en el mercado, se busca que se encuentren estériles y libres de patógenos, con particular atención en *Phytophthora*. En el caso de la arena se tiene precaución de no usar arena de río, dado que normalmente contiene propágulos de hongos patógenos vegetales y nematodos. Se prefiere arena obtenida de un sector de Tilomonte no asociada a un curso de agua.

Estos materiales se almacenan en un sector cerrado, aislado y desinfectado para evitar contaminación. En el caso del sustrato local el material es tratado con una combinación de humectación, para lograr la germinación de semillas de especies acompañantes que no sean de interés, con un proceso posterior de solarización para eliminar patógenos. El proceso de humectación y germinación se realiza a lo menos tres veces, para disminuir la probabilidad de germinación de especies distintas a las buscadas en la etapa de propagación de las especies.

En el almacenamiento y manipulación del sustrato, se consideran las siguientes precauciones: i) evitar que el agua que escurre por el suelo llegue al sector de almacenamiento; ii) evitar la contaminación cruzada de vehículos y equipos, para lo cual estos se limpian y tratan regularmente y se evita usar los equipos en terreno; iii) proteger las macetas y potes de contaminantes, manteniéndolos lejos del suelo y de agua contaminada.

---

<sup>2</sup> En este caso el sustrato se obtendrá de áreas en que no se impacte a la vegetación, tanto presente como ocasional (áreas inundables en períodos largos de tiempo).

#### 4.4.2.3 Obtención de plántulas de semillas y esquejes

Siguiendo los protocolos de reproducción preliminares, las semillas son estratificadas y luego sembradas en almácigos localizados en cámaras de crecimiento que regulan tanto las horas de luz, como la temperatura. Estos almácigos son controlados a lo menos una vez por semana, a fin de establecer el éxito de la propagación, cada individuo germinado será repicado<sup>3</sup> y luego serán llevados a las dependencias de producción de plantas del vivero.

En el caso de material vegetativo, tras ser limpiado, es colocado en potes individuales rellenos con el sustrato correspondiente a cada especie y dispuesto en el invernadero.

#### 4.4.2.4 Monitoreo y control fitosanitario

Se procede a monitorear regularmente el estado de las plántulas, con miras a identificar plantas débiles, enfermas o moribundas, a fin de determinar la causa del problema y poder corregirlo rápidamente y aislarlo antes de que se extienda a las plantas adyacentes. Esta medida está estrechamente vinculada con el sistema de trazabilidad, manteniéndose registros que permiten rastrear el origen, tratamientos dados e insumos utilizados en las plantas que presenten problemas.

Si fuera requerido se aplican agroquímicos para el manejo sustentable del vivero. Adicionalmente, es relevante destacar que, en algunas etapas del desarrollo, se deben aplicar de manera preventiva productos químicos para evitar el ataque de enfermedades que en general afectan las especies vegetales. Por ejemplo, en estado de germinación y plántula, el ataque de hongos vasculares es muy común y afecta severamente a los almácigos. Para este trabajo se estará implementando un programa de aplicación acorde a las especies, cumpliendo con toda la normativa vigente referente a salud y seguridad ocupacional. Además, se probará de ser posible, técnicas de control de plagas utilizadas tradicionalmente por la comunidad atacameña en sus cultivos agrícolas, bajo el supuesto de que estas se sustenten en productos de menor toxicidad.

Por otra parte, se ha capacitado al personal sobre los procedimientos a desarrollar cuando se presente una plaga o problemas fitosanitarios. En este marco, se notificará al Servicio Agrícola Ganadero (SAG) inmediatamente en caso de que se detecte una plaga regulada o patógeno.

Finalmente, cada año se llevará a cabo al menos una auditoría interna completa de los sistemas verificando que se cumplen los pasos que se describen a continuación:

- Los procesos y procedimientos desarrollados cumplen con los requisitos establecidos para el vivero, los que se encontrarán en formato físico en la Oficina del Vivero.
- La documentación esta actualizada y cumple con los requisitos establecidos.

---

<sup>3</sup> Consiste en la actividad de traslado de plantas desde contenedor inicial (cama caliente, speedling o bolsa pequeña) hacia el contenedor definitivo que será despachado a terreno u otro lugar. Para esta actividad también se tendrá un procedimiento específico, que asegure un destino final óptimo para los individuos propagados

- El sistema de gestión fitosanitaria está operativo y cumple con los requisitos establecidos y el equipo está cumpliendo con las tareas específicas comprometidas.
- Se ha establecido un plan de acción correctivo que resuelve las principales situaciones que se alejan de lo requerido.

#### 4.4.2.5 Registro y trazabilidad del vivero y las plantas

De manera articulada con lo establecido en 4.4.1.2, se establecerá un sistema para identificar y rastrear cada lote de plántulas generadas de cada especie. Cada lote será individualizado, considerando la información generada en el punto 4.4.1.2 ya señalado, generando, además, rótulos indicando fecha de siembra y germinación, sustrato, tratamientos aplicados si los hubiera y problemas fitosanitarios que se pudieran haber generado.

### 4.4.3 Desarrollo de las plantas

#### 4.4.3.1 Esterilización de las áreas de desarrollo

La zona de desarrollo tiene acceso controlado. Se cuenta con baños de calzado en las entradas. Periódicamente, se procederá a limpiar y esterilizar el piso y todas las superficies de trabajo, incluyendo bancos, paredes, y puertas, bandejas, utensilios, y otras herramientas y equipos.

Se procederá a limpiar y esterilizar todas las superficies de trabajo, incluyendo bancos, paredes, y puertas, bandejas, utensilios, y otras herramientas y equipos. Para ello se lavarán los mesones con solución de amonio cuaternario; y se aplicará en la entrada y base de mesones Molusquicida, insecticida para pulgones e insecticida para arañas LPU.

La aplicación de productos se repetirá cada tres meses, o ante la aparición de algún signo de la presencia de algún patógeno.

#### 4.4.3.2 Contenedores y sustrato

En lo referido al sustrato se seguirán las indicaciones señaladas en el punto 4.4.1.2. Respecto de los contenedores, pots y bolsas se trabajará con los siguientes criterios:

- Procurar siempre que estén libres de plagas y patógenos.
- Desinfectar siempre los contenedores antes de reutilizarlos, cuando estos se reciclen.

#### 4.4.3.3 Repique

El repique se realiza solamente para aquellos individuos generados por reproducción sexual (semillas) y se efectúa tempranamente tras que la plántula ha generado hojas propias o verdaderas.

#### 4.4.3.4 Manejo del riego y de la calidad del agua

El adecuado manejo del riego en el vivero permite mantener de manera eficiente y exitosa las plántulas. Para la ejecución de esta labor se ha capacitado al personal considerando que en el futuro existirá una gran diversidad en especies y contenedores, que requerirán riegos y frecuencias diferentes.

El manejo del agua presenta su rasgo más crítico y menos evidente en la acumulación de agua en el suelo. Eso da posibilidades para que las plantas se puedan contaminar por Phytophthora. Para evitar tal situación, se mapeará el flujo de agua a lo largo del vivero y se marcarán las zanjas superficiales y los flujos subsuperficiales, relevando cualquier área que sea baja o que tenga mal drenante. Sobre la base de tal mapeo se procederá a tomar las medidas correctivas. Por otra parte, dado que parte de la producción de plantas se realizará mediante un sistema de inundación de bandejas, que llevará a que se recicle parte importante del agua que se use, se procederá a testear el agua que entra al vivero respecto de la presencia de Phytophthora y a desinfectarla previo al ingreso al sistema de riego.

#### 4.4.3.5 Regulación de las condiciones del vivero

Para estimular el crecimiento de las plántulas, las temperaturas internas del invernadero se mantendrán en un rango adecuado a las especies. Sin embargo, debido a las condiciones extremas del sector, el manejo de temperaturas dentro del invernadero será complejo. Es por ello que, el correcto uso del climatizador es fundamental y se está estudiando y calibrando los horarios de apertura y cierre de estructuras (ventanas laterales y/o puertas) para subir o bajar temperaturas según corresponda. Es necesario considerar que estas labores no siempre son suficientes para la condición climática extrema presente y se debe apoyar con riegos adicionales, con la debida precaución de no sobre regar las plántulas.

Las condiciones del vivero serán reguladas en base a sensores y mediante el uso de sistemas mecanizados que facilitan una pronta respuesta cuando se requiera modificar tales condiciones.

### 4.4.4 Manejo de los espacios y el equipamiento

#### 4.4.4.1 Espacios

Tal como se ha indicado previamente, en el diseño de la infraestructura se pone especial atención en contar con una pendiente de alrededor del 2% que permite el drenaje del agua a un estanque o cuenca de retención para su reciclaje. El sistema de mesas de cultivo tiene la capacidad de regular la altura de las patas de las mesas, de forma de guiar la inclinación de las mesas, que puede verse alterada por el peso de las macetas puestas en cada sección de las mismas. De observarse problemas de drenaje se instalarán sistemas superficiales y subterráneos de drenaje para eliminar suelos saturados y agua estancada.



Por otra parte, se minimizará el contacto con de las plantas con el suelo, ya que podrían infestarse. En el diseño de los lugares de almacenamiento de sustrato y potes, y lugares de propagación, producción y despacho se minimizará el contacto con el suelo.

De la misma forma, se aislarán la zona de almacenamiento de sustrato y contenedores para evitar la contaminación durante el almacenamiento y la manipulación. Análogamente, las áreas de recepción, propagación y producción estarán aisladas entre sí y tendrán acceso limitado para reducir el riesgo de introducción involuntaria de plagas y patógenos.

Finalmente, cabe indicar que el invernadero cuenta con estructuras para evitar la entrada de insectos, como lo son las mallas antiáfidos y sistema de puertas.

#### 4.4.4.2 Equipamiento

Los sustratos para plantar son manipulados sólo con equipos limpios y desinfectados. De igual forma, las camionetas en que se transporta el sustrato y otros materiales serán revisados de tal modo de asegurar su limpieza y evitar que contengan restos de plantas o de suelos que pudieran contaminar los envíos.

### 4.5 Diseño del vivero

Como se ha señalado en la introducción y de acuerdo a las Figura 2-2 y Figura 2-3, el vivero se ubica al interior de la Planta Salar de Albemarle a 27 kilómetros al noroeste de la localidad de Peine. A continuación, se describen las especificaciones técnicas del vivero.

#### 4.5.1 Superficie

El vivero se emplazará en una superficie de 700 metros cuadrados, al interior de la cual se distribuirán según se indica en la Tabla 4-2:

**Tabla 4-2: Superficies del vivero**

Instalación	Superficie (m <sup>2</sup> )
Sección cámara de germinación	42
Sección crecimiento	63
Sección Adaptación	105
Oficina	15
Bodega de materiales	15
Containers de residuos	6
Compostera	4

Instalación	Superficie (m <sup>2</sup> )
Estacionamiento	40
Cortaviento	20
Espacio interestructuras	360
Grupos electrógenos (2)	30
Total	700

La Figura 4-1 muestra la distribución de las secciones del vivero según funcionalidad y etapas del desarrollo de las plantas. Cabe mencionar, que la superficie destinada sólo a vivero corresponde a 210 m<sup>2</sup>.



Figura 4-1: Distribución y funciones de secciones en vivero

#### 4.5.2 Tipo de terreno

El sitio de emplazamiento del vivero corresponde al área industrial de la Planta de Litio de la empresa Albemarle, que se caracteriza por un suelo salino nivelado y compactado previo a la instalación de la estructura del vivero.



**Figura 4-2: Tipo de suelo en sitio de emplazamiento del vivero**

Como se observa en la Figura 4-2, el suelo sobre el cual se instaló el vivero es costra salina extremadamente dura y compacta.

#### **4.5.3 Clima**

De acuerdo con los datos meteorológicos recogidos en la Estación meteorológica ubicada en la Planta de Albemarle y según se presenta en la Tabla 4-3, la precipitación promedio mensual alcanza los 2,5 mm y un total de 30,2 mm anuales para el año 2020.

Las lluvias se concentran en inicios de primavera (agosto), luego a inicios y fines de verano para el año 2020.

La temperatura máxima se alcanza en el mes de enero (35°C) y la mínima se alcanzó en julio (-3,1 °C). El mayor promedio mensual de la temperatura máxima se alcanza en Febrero (31°C) y el menor valor promedio se obtiene en julio (19,6 °C). La mínima promedio más alta se alcanza en enero con 15°C y el promedio menor se logra en el mes de Julio con -0,16°C.

La media máxima de temperatura del año 2020 es de 26.04 y la media mínima es de 8,5°C.

**Tabla 4-3: Datos climáticos de la Estación Albemarle para el año 2020**

Variable	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
T° Max Media (°C)	30,3	31	30	27,3	23,6	20,5	19,6	21,3	25,2	29	29,3	29,6	26,04
T° Min Media (°C)	15	14,3	13,1	9,5	5,1	3,4	-0,1	2,6	6,6	9,9	10,8	11,7	8,5
PP (mm)	2	0	4,4	0	0	0	0	23,8	0	0	0	0	2,5
Max T° (°C)	35	33,3	33,1	32,1	26,6	23,6	23,2	25,4	29,6	31,4	31,8	32,1	29,8
Min T° (°C)	11,5	11,8	11	6,9	2,3	0,4	-3,1	-2,3	2,1	7,5	8,6	9,7	5,5

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Albemarle 2020.

Según se observa de la Tabla 4-3, la temperatura máxima media del mes más cálido, febrero, es de 33,3 °C, mientras que la mínima media del mes más frío, julio, es de -0,1 ° C.

En relación con las temperaturas extremas diarias, las máximas temperaturas se pueden observar en los meses de enero a marzo, coincidiendo con la estación de verano, y las mínimas se ven en invierno, entre los meses de mayo y agosto. Las temperaturas más altas llegan al valor de 35°C, mientras que las temperaturas mínimas llegan en algunos casos a valores de -3,1°C.

#### **4.5.4 Tipo de producción**

##### **4.5.4.1 Especies**

La siguiente Tabla 4-4 muestra el listado de especies que se ha planificado producir en el vivero de la Planta Salar según tipo de Sistema de reproducción y que se definieron en base a criterios revisados en el Informe de Prospección y en base a los ensayos desarrollados en la Universidad de Concepción.

Tabla 4-4: Especies seleccionadas según tipo de reproducción

Tipo Especie	Especie		2021			2022			2023			Total
			sexual	asexual	subtotal	sexual	asexual	subtotal	sexual	asexual	subtotal	
Zonal	Aloysia deserticola	rica rica			0	50		50	100	10	110	160
	Atriplex atacamensis	Cachiyuyo	50		50	200		200	200	10	210	460
	Geoffroea decorticans	Chañar	50		50	400		400	300	10	310	760
	Prosopis chilensis	Algarrobo	50		50	400		400	300	10	310	760
Azonal	Baccharis juncea	Suncho		50	50	10	200	210	10	200	210	470
	Eleocharis pseudoalbibractatea			100	100	10	200	210	10	200	210	520
	Juncus balticus	Hunquillo		100	100	50	300	350	50	300	350	800
	Sarcocornia andina			50	50	20	100	120	20	100	120	290
	Schonoplectus californicus			100	100	50	200	250	50	200	250	600
	Triglochin concinna			100	100	50	200	250	50	200	250	600
	Total		150	500	650	1240	1200	2440	1090	1240	2330	5420

De acuerdo a lo que se muestra en la Tabla 4-4, se ha escogido trabajar con cuatro especies zonales y seis Azonales. Durante el 2021 se trabajan las especies zonales solo por reproducción sexual y en el caso de las Azonales solo por reproducción asexual (reproducción vegetativa). Dada la reciente instalación del vivero, en los primeros meses se está en una fase de marcha blanca para chequear la operación del vivero y sus diferentes sistemas, conocer las condiciones climáticas internas y externas del vivero y calibrar los métodos para amortiguar el clima extremo en diferentes horarios.

#### **4.5.5 Tipos de tratamiento de las plantas**

La reproducción sexual se lleva a cabo partiendo por la colecta de semillas desde puntos previamente seleccionados en: la localidad de Peine, Tilomonte, Tilopozo y Silolao. Las semillas serán escarificadas y tratadas previo a su siembra, de acuerdo con los protocolos que se establecieron en ensayos en la Universidad de Concepción. Luego las plantas se irán pasando a macetas hasta alcanzar una altura de 20 centímetros, para luego ser pasadas a una sección de adaptación en donde se dejarán hasta junio o julio del año siguiente, época en la cual se pretende realizar el trasplante a terreno.

La reproducción asexual igualmente sigue los protocolos que se establecen en los ensayos de la Universidad de Concepción, considera la extracción de material vegetativo desde Tilopozo y Silolao para su posterior traslado al vivero en donde se hará la división de esquejes y su trasplante a macetas individuales. Igualmente, al alcanzar una altura de 10 centímetros serán trasladados a la sección de crecimiento y luego de que alcancen los 30 centímetros de altura serán trasladados a la sección de adaptación. La variación en la altura de las plantas es un planteamiento guía general. Las plantas de semillas requieren mayor desarrollo para estar firmes. Las plantas asexuales (en particular los pastos y juncos) tienen, normalmente más reservas y más rápido desarrollo.

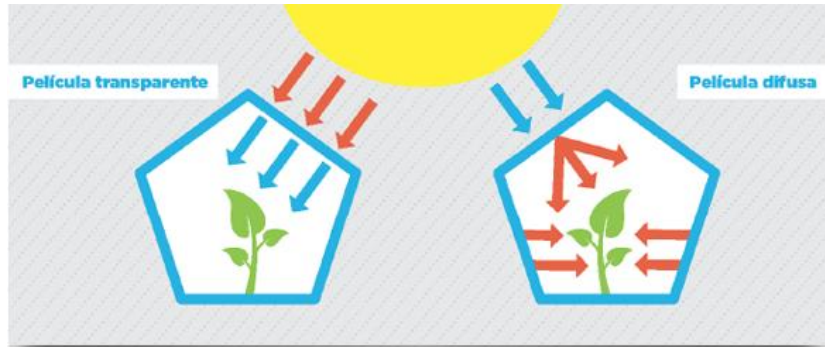
#### **4.5.6 Sistema de control climático**

Dadas las condiciones climáticas en el Salar de Atacama, con eventos de temperatura que en sus extremos va entre los -3,1°C a los 35°C (según datos de la estación meteorológica en el Salar de Atacama), así como ausencia casi total de precipitaciones durante varios meses seguidos, es que se ha contemplado equipar al vivero de un sistema de ventilación lateral y cenital, así como de tecnologías de humidificación del aire. Esto porque al interior del vivero las temperaturas más altas se verán incrementadas generando el riesgo de golpes extremos de calor.

Dada la alta radiación solar existente en el Salar, se ha escogido un sistema de cobertura que además de proteger y preparar las plantas para condiciones de trasplante a condiciones naturales, pero también resguardando que, en su fase de germinación, crecimiento y aclimatación, puedan resistir las condiciones de alta radiación. Para ello se consideró el uso de protectores solares de la gama Sun Selector™, que provee una transmisión selectiva de la longitud de onda, con esto se espera incluso mejorar el desempeño y aumentar el rendimiento del cultivo.



Este sistema de cobertura que se muestra en las Figura 4-3 y Figura 4-4 mejora la eficiencia de la fotosíntesis por el incremento en la dispersión de la luz. Muy importante en cultivos que causan sombras, cultivos altos y/o enredaderas.



**Figura 4-3: Propiedades óptimas y térmicas de la tecnología de**



**Figura 4-4: Propiedades de la cubierta térmica**

Además, el invernadero, considera mallas antigoteo para reducir riesgo de enfermedades (Ver Figura 4-5 que muestra las características de las mallas antigoteo).



**Figura 4-5: Pantallas Solares**

El uso de estas mallas además reduce la acumulación de polvo en la cobertura del invernadero. Esto es posible gracias a la tecnología avanzada de extrusión en cinco capas que permite incluir un aditivo para este fin según se puede apreciar en la Figura 4-6.



**Figura 4-6: Sistema de telas o mallas coberturas**

Para amortiguar los golpes de temperatura se ha contemplado un sistema de ventanas laterales que permita la ventilación natural. Tanto la ventana lateral y cenital (en techo) se instalan en el invernadero para ayudar al intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero que afecta no sólo a través de la temperatura del aire, sino también sobre el contenido de vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono.

Para controlar los niveles de humedad ambiental se ha contemplado el uso de sistemas de nebulización de alta presión, como se puede apreciar en la Figura 4-7.



**Figura 4-7: Sistema de nebulización de secciones 1 y 2 del vivero**

Según se muestra en la Figura 4-7, el sistema de nebulización tiene la capacidad de recrear un clima monzónico, pero que con el uso de ventiladores y combinación de aperturas de ventanas puede reducir la temperatura ambiente en pocos minutos.

De forma complementaria se ha contemplado el uso de sistemas de recirculación del aire mediante ventiladores. Se pretende instalar 2 recirculadores en la zona de 7 m de ancho por 9 m de largo (sección de crecimiento) y 1 recirculador en el invernadero de 7 m de ancho por 6 m de largo (sección de germinación).

#### **4.5.7 Sistema de riego**

Para el riego de las plantas se ha contemplado la instalación de mesas de cultivo fijas de 1,8 x diferentes longitudes x 0,80 cm de fondo inundable con las siguientes características:

- Soportes metálicos galvanizados en caliente por inmersión provistos de placa de apoyo de 75 x 75 x 2 mm.
- Barra de nivelación con varilla reguladora
- Riostras formadas por tubo redondo galvanizado de dimensiones 20 mm
- Perfil de aluminio termo-lacado color blanco unido por esquineras de polipropileno y placas de empalme
- Costillas formadas por aluminio natural de dimensiones 40\*20\*1.30 mm separadas cada 400 mm

Las siguientes fotografías (Figura 4-9 y Figura 4-8) muestran las mesas de cultivo.



**Figura 4-9: Mesas de cultivo**



**Figura 4-8: Perfil de mesas de cultivo**

El agua para el riego será abastecida desde la planta de tratamientos de la planta Albemarle.

Se contempla un consumo de 1800 litros diarios, para proveer al menos de 300 cc de agua a cada planta.

La Figura 4-10 muestra la mesa de cultivo inundada como sistema de riego para *Juncus balticus*.



**Figura 4-10: Funcionamiento del riego por inundación de las especies Azonales**

#### 4.5.8 Sistema de abastecimiento eléctrico

Albemarle proveerá energía eléctrica a través de un equipo electrógeno. Las especificaciones técnicas del generador se presentan a continuación:

- a) Grupo Electrónico Lureye, modelo T12 de 11.5 kVA (9.2 kW)
- Potencia : Stand by, 10.5 kVA (8.4 kW)
  - Sistema : Trifásico 230/400 Volts, 50 Hz. (1500 rpm).
  - Motor : Mitsubishi (JAPON)
  - Alternador : Kohler (AVR)
  - Consumo al 100% : 3.1L/h
  - Consumo al 75% : 2,5L/h
  - Capacidad estanque : 50 litros

La Figura 4-11 muestra una fotografía del grupo electrógeno que abastecerá el vivero y oficina.



Figura 4-11: Generador Mitsubishi T12 trifásico para el vivero

#### 4.5.9 Abastecimiento de sustrato

Como material de sustrato se utiliza uno de una marca comercial, es inerte y se denomina Turba Kekilla 300, que se ha probado exitosamente en los laboratorios de la Universidad de Concepción. La Figura 4-12 muestra el formato de presentación comercial del Sustrato, el cual se recibirá en la ciudad de Calama desde donde se traslada en camioneta a la Planta Albemarle Salar.



Figura 4-12: Formato de presentación del sustrato comercial a utilizar

#### 4.5.10 Oficinas y bodegas

Se ha instalado un container oficina de 2,5 x 6 metros. Dicho container dispone de un mobiliario de oficina adecuado para la operación y administración del personal de turno.

El Módulo Oficina Simple es un módulo tipo mecano tal como se observa en la Figura 4-13.



Figura 4-13: Módulo oficina Simple

Asimismo, se dispuso de una bodega container de 2,5 x 6 metros que en su interior dispondrá de estantería para guardar herramientas e insumos de oficina y el panel eléctrico del vivero.

Ambos container fueron provistos por la empresa Atco Sabinco.

La Figura 4-14 muestra una fotografía tipo del container bodega.



**Figura 4-14: Container de bodega 15 m<sup>2</sup>**

**4.6 Equipo de trabajo, roles y responsabilidades**

El equipo de trabajo para la operación del vivero consiste en un jefe de proyecto, un supervisor de viveristas, dos asistentes de vivero, una asesora científica, y apoyos administrativos y de HSEC. La Figura 4-15 muestra el organigrama del equipo de trabajo.



**Figura 4-15: Organigrama de la operación del vivero**

La Tabla 4-5 muestra la descripción de cargos, responsabilidades y actividades a desempeñar por cada integrante del equipo de trabajo.

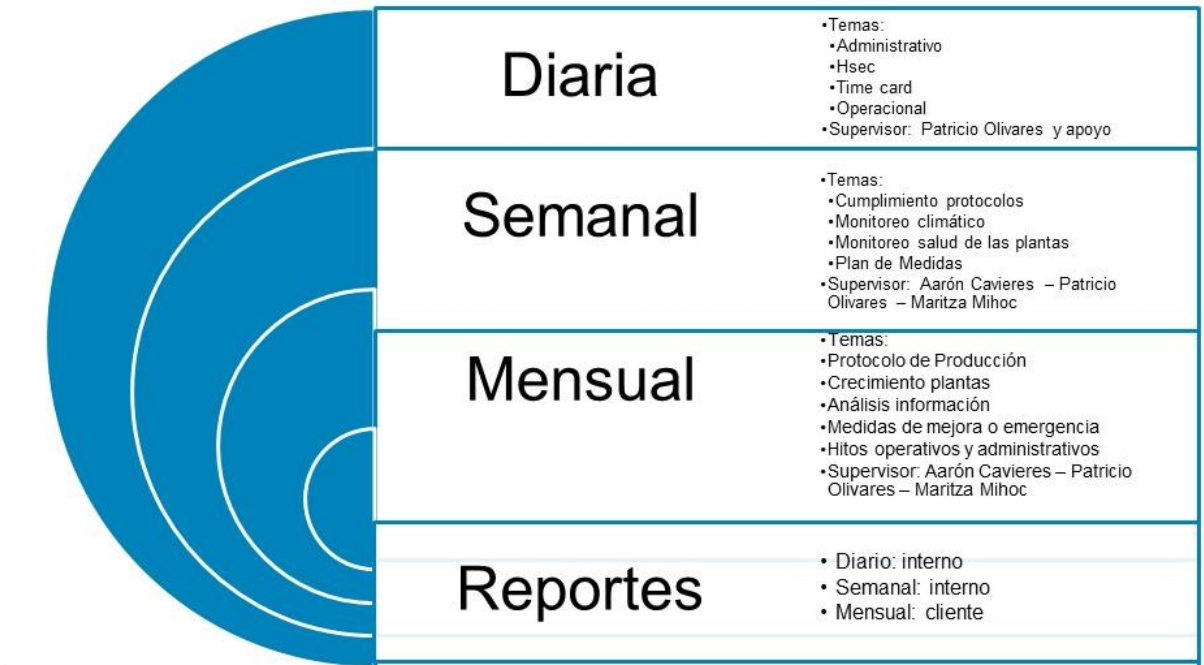


**Tabla 4-5: Roles y responsabilidades del equipo de trabajo**

Nombre	Cargo	Responsabilidades	Actividades
Patricio Olivares	Jefe de Proyecto	Gerenciamiento del proyecto en orden a hacer la entrega oportuna de los productos entregables comprometidos con el cliente	Trabajo en gabinete, supervisión administrativa, coordinación hsec, conducción vehículo en terreno, apoyos logísticos terrenos y vivero
Maritza Mihoc	Asistente científica	Asesorar científicamente el proyecto,	Desarrollo y seguimiento de ensayos en laboratorio Ecobiosis y Vivero en planta salar; desarrollo de prospecciones en terreno, desarrollo de colectas de material vegetativo, experimentos en terreno, mediciones contenido gravimétrico y variables climáticas
Aarón Cavieres	Supervisor de vivero	Supervisar la implementación del plan operacional del vivero	Supervisión remota de viveristas, visita al vivero mensualmente para monitorear plantas y seguimiento plan operativo del vivero
Judith Cruz	Asistente de vivero	Operar el vivero para la producción de plantas y su manejo cumplimiento estándares administrativos y HSEC de Ausenco y Albemarle	Operar el vivero, elaborar reportes de terreno, implementar protocolos de vivero, mantener condiciones de aseo en vivero e instalaciones, detectar problemas implementación, fitosanitarios, colecta de semillas en terreno
José Bravo	Asistente de vivero	Operar el vivero para la producción de plantas y su manejo cumplimiento estándares administrativos y HSEC de Ausenco y Albemarle	Operar el vivero, elaborar reportes de terreno, implementar protocolos de vivero, mantener condiciones de aseo en vivero e instalaciones, detectar problemas implementación, fitosanitarios, colecta de semillas en terreno. Monitoreo estado fenológico.
Marcos Sarria	Prevencionista de riesgos	Dar cumplimiento a la normativa asociada a la prevención de riesgos	Visita semanal del vivero para revisar condiciones de trabajo, hallazgos, chequeo de documentación diaria, diseño de medidas, capacitación y coordinación con cliente en materias HSEC.

#### 4.7 Modelo de supervisión, monitoreo y reportes

La Figura 4-16 muestra el tipo de control y supervisión que se llevará a cabo en diferentes espacios temporales, desde los controles diarios, los semanales y mensuales.



**Figura 4-16: Modelo de monitoreo y reportes**

Tanto el reporte diario y semanal estarán en la oficina del Vivero Archivados.

El Formulario que se presenta como Tabla 4-6 muestra los datos que se generan en cada turno semanal:

Tabla 4-6: Formulario de levantamiento de información de especies con reproducción asexual

### Reproducción vegetativa champa 2 (*B. juncea*, *D. spicata*, *E. Pseudoalbibracteata* y *J. baltica*)

FECHA		VIVERISTA				
ESPECIE Y LOTE	CAMBIOS (# POR LOTE)	ESTADO	VIGOR			TOTAL
			ALTO	MEDIO	BAJO	#
<i>Distichlis spicata</i> 1	ingreso	viva		4	54	58
	salida	brotos		4	3	7
		muerta				0
		total	0	4	54	58
<i>Baccharis juncea</i> 1	ingreso	viva	1	1		2
	salida	brotos	1	1		2
		muerta				0
		total	1	1	0	2
<i>E. Pseudoalbibracteata</i> 1	ingreso	viva	8	25	62	95
	salida	brotos	1		1	2
		muerta				0
		total	8	25	62	95
<i>Juncus baltica</i> 1	ingreso	viva	4	5	34	43
	salida	brotos	4	5		9
		muerta				0
		total	4	5	34	43
<i>Triglochin concinna</i> 1	ingreso	viva	8	42	47	97
	salida	brotos	2	7	14	23
		muerta				0
		total	8	42	47	97
<i>Schonoplectus californicus</i> 1	ingreso	viva	3	4	7	14
	salida	brotos	3	3	2	8
		muerta				0
		total	3	4	7	14
<b>Total</b>		vivas	24	81	204	309
		brotos	11	20	20	51
		muertas				0
		plantas				309

Como se observa del formulario de la Tabla 4-6 para las diferentes especies Azonales de reproducción asexual se levanta la información con fecha, viverista, tiempos de ingreso y salida de cada sección, el estado de vigor de la planta, mortalidad o presencia de brotes, entre otra información.

La Tabla 4-7 muestra el formulario de registro de información de las especies con reproducción sexual (por semillas).

Tabla 4-7: Formulario de levantamiento de información de especies reproducidas sexualmente

ESPECIE Y LOTE	etapa	# inicial	# ingreso	condición (# casos)						viverista	fecha
				VIGOROSA	REGULAR	DÉBIL	GERMINA	TOTAL	MUERTAS		
Prosopis chilensis 1	inicial			74	13	9		96	66		01-dic
	plántula							0			
	madura							0			
	Total			74	13	9	0	96	66		
Geoffrea decorticans 1	inicial			4	5	8	79	96			01-dic
	plántula							0			
	madura							0			
	Total			4	5	8	79	96	0		
	inicial										
	plántula										
	madura										
	Total			0	0	0	0	0	0		
	inicial										
	plántula										
	madura										
	Total			0	0	0	0	0	0		
	inicial										
	plántula										
	madura										
	Total			0	0	0	0	0	0		

ESPECIE Y LOTE	etapa	# inicial	# ingreso	condición (# casos)						viverista	fecha
				VIGOROSA	REGULAR	DÉBIL	GERMINA	TOTAL	MUERTAS		
	inicial										
	plántula										
	madura										
	Total			0	0	0	0	0	0		
		# inicial	# ingreso	vigorosa	regular	débil	germina	total vivas	total muertas	Total	
Total	inicial			78	18	17	79	192	66	258	
	plántula			0	0	0	0	0	0	0	
	madura			0	0	0	0	0	0	0	
	Total			78	18	17	79	192	66	258	

## 5 Plazos instalación

La Tabla 5-1 muestra los plazos ajustados para la instalación del vivero. Cabe destacar que los plazos de instalación del vivero se vieron modificados en algunos meses debido a diversos motivos..

**Tabla 5-1: Plazos de instalación del vivero**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Fecha de instalación 2021</b>
<b>PREPARACIÓN DE TERRENO</b>	Febrero 2021
<b>INSTALACIÓN DE CONTAINERS OFICINA Y BODEGA</b>	Marzo 2021
<b>ESTRUCTURA INVERNADERO</b>	Planificado inicialmente para inicios de abril 2021. Finalmente se instaló en la primera quincena de agosto y primera quincena de noviembre de 2021
<b>TECNOLOGÍAS DE PANTALLAS, RIEGO, SISTEMA ELÉCTRICO</b>	Segunda Quincena de noviembre de 2021
<b>PREPARACIÓN DE SUSTRATOS, MACETAS, CAPACITACIONES IN SITU</b>	Noviembre y diciembre 2021
<b>INAUGURACIÓN DEL VIVERO</b>	30 de noviembre de 2021
<b>INICIO DE OPERACIÓN</b>	1 de diciembre de 2021

## 6 Resultados

A pesar de la pandemia Covid19, se han logrado desarrollar las diferentes actividades comprometidas del proyecto “Estudio historia de vida de ecosistemas azonales del Salar de Atacama”, contexto en el cual se encuentra la instalación de un Vivero en el Salar de Atacama.

El Vivero cuenta con tecnologías de punta en materia de control de clima y sistemas de riego, de forma de dar cuenta de las condiciones climáticas extremas que enfrentan las plantas en esta geografía (sequía, elevadas temperaturas, radiación, vientos fuertes y frío). Estas tecnologías son: sistemas de ventilación, humidificación, ventanas, protectores solares y mesas de cultivo especiales para riego por inundación.

La unidad es operada por personal permanente que se desempeña en sistemas de turnos de 8x6 días. Se trata de personas de la vecina localidad de Peine que han sido capacitados para la operación de la tecnología y el seguimiento y mantención de las plantas.

En relación a los resultados esperados en la producción de plantas para el año 2021 en que se había comprometido producir 650 ejemplares de 10 especies zonales y azonales, según se observa en la Tabla 6-1, se logró generar un total de 761 ejemplares vivos.

**Tabla 6-1: Síntesis de resultados en la producción de plantas para el año 2021**

ESPECIES		CONDICIÓN DE LA PLANTA		
		VIVAS	MUERTAS	TOTAL
Zonales				
<i>Prosopis chilensis</i>	Algarrobo	96	66	162
<i>Geoffrea decorticans</i>	Chañar	96		96
Sub-total		192	66	258
Azonales				
<i>Nitrophila atacamensis</i>		67		67
<i>Sarcocornia andina</i>		192		192
<i>Baccharis juncea</i>	Suncho	2		2
<i>Eleocaris pseudoalbibracteata</i>		95		95
<i>Juncus balticus</i>	Hunquillo	43		43
<i>Triglochin concinna</i>		82	18	100
<i>Shonoplectus californicus</i>		30		30
Sub-Total		569	0	587
Total		761	66	845



De lo que se desprende de la Tabla 6-1, a nivel específico se obtiene buenos resultados tanto con las especies zonales (algarrobo y chañar) que fueron reproducidas por semilla y también con varias especies azonales, reproducidas asexualmente, destacando los resultados con las especies Sarcocornia, Eleocharis y Triglochin.

Para otras de las especies azonales, aún es muy incipiente evaluar resultados por ser diferente su capacidad de reacción a ciertos tratamientos de acondicionamiento inicial aplicados y rebrote.

Cabe señalar que se cuenta con un sistema de seguimiento diario, semanal y mensual que permite levantar alertas sobre la operación del vivero, así como del resultado que se obtiene en el vigor y sanidad de las plantas. Este sistema es clave para lograr los resultados según lo programado a futuro.

---

**7 Discusión**

El principal resultado que se quiere destacar en este informe, es el haber instalado el Vivero en la Planta Salar de Albemarle a pesar de las restrictivas condiciones que ofreció la pandemia Covid19, que repercutió en diferentes factores que dificultaron esta tarea, tanto referidos a aspectos de cumplimiento estricto de altos estándares de sanidad pública, procesos cuarentenarios en diferentes regiones desde los cuales provenían los insumos y el retraso de los embarques de algunos equipos que viajaban por barco desde Europa. Tanto personal del equipo de trabajo como sus familiares se vieron afectados por la pandemia de manera directa o indirecta, debiendo tomarse medidas de emergencia en cada caso para no afectar al proyecto.

El día 30 de noviembre se logró inaugurar el Vivero y se dio el inicio al proceso de operación. Para dicha actividad se contó con la presencia de diversas autoridades, entre las que destacaron: El encargado de negocios de la Embajada de Estados Unidos en Chile, el alcalde de la Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama, el SEREMI de Minería de la Región de Antofagasta, representantes de los pueblos originarios de Peine, Toconao y del Consejo de Pueblos Atacameños. Además del equipo gerencial y técnico de Albemarle.

Los resultados de las primeras plantas establecidas mediante reproducción sexual y asexual son positivos y logran un buen prendimiento. Sin embargo, en algunos casos de especies azonales se requerirá mayor tiempo de evaluación sobre su capacidad de respuesta a los tratamientos que se están implementando. En este sentido, es necesario considerar que los protocolos de reproducción de especies se realizaron en la Universidad de Concepción, en donde se dieron las facilidades para desarrollar los diferentes ensayos, pero que tienen una condición climática muy distinta a la del Salar de Atacama. En este sentido se ha considerado necesaria una fase de marcha blanca y calibración de estos protocolos al ser aplicados en la Planta Salar.

Los factores más restrictivos que aparecen a simple vista se refieren al efecto de las altas temperaturas que ocurren desde el amanecer.

Finalmente es bueno destacar la necesaria evaluación del Sistema de turnos de los viveristas y preparar un procedimiento para situaciones de contingencia, como ausencia de uno de los turnos, pues podría implicar el riesgo de pérdida de ejemplares por los cambios en las condiciones del clima y de riego, que requieren atención diaria.

---

## 8 Conclusiones

El Estudio de la historia de vida de los ecosistemas Azonales, como compromiso que Albemarle asumió de forma voluntaria en la RCA 021/2016, sigue avanzando con lo comprometido en cada una de sus Tareas. Con este estudio se está generando una serie de conocimientos que hasta la fecha no existían en relación a los ecosistemas locales de vegas y sus especies de flora que los conforman. Asimismo, a través de las prospecciones de los diferentes ecosistemas se ha logrado identificar zonas de recolección de semillas, se ha registrado información clave del ciclo fenológico de diversas especies y de acuerdo a ello, se ha desarrollado diferentes campañas de colectas de material según el ciclo de cada una de las especies de interés.

De acuerdo a Soto et al., (2019) los ecosistemas de vegas de Tilopozo, que se encuentra en el área de estudio, se reducen a una tasa de 1,08 hectáreas por año. Esto es preocupante si la superficie que ha medido la autoridad de estos ecosistemas no supera las 70 hectáreas en este sector. No existían a la fecha iniciativas de reproducción de estas especies, ya sea sexual o asexualmente. El conocimiento que se ha generado y generará, tanto en terreno, en los laboratorios de la Universidad de Concepción y en el vivero de la Planta Salar, puede aportar en la conservación de algunas especies pues se conocerá cuales son las especies más adaptadas a las restricciones hídricas que representa el cambio climático y la actividad minera que bombea las aguas superficiales de la cuenca del Salar de Atacama. Este conocimiento además permitirá diseñar programas de restauración ecosistémica más efectivos y adecuados a condiciones hídricas presentes, e incluso otras más restrictivas.

Los resultados que se vayan obteniendo en el vivero Planta Salar deberán ser analizados con cautela en la fase de marcha blanca de la operación del vivero, en espera de evaluar la capacidad de respuesta de ciertas especies, dado que algunas de ellas pudieran ser más lentas que otras.

## 9 Referencias

- Ref 1. ALBEMARLE, 2016. EIA Modificaciones y mejoramiento del sistema pozas de evaporación salar en el Salar de Atacama.
- Ref 2. ALS LIFE SCIENCES DIVISION. 2021. Análisis de Agua. INFORME DE ENSAYO: 18763/2021. ALS Life Sciences Division, Latin America
- Ref 3. ALS LIFE SCIENCES DIVISION. 2021. Análisis de Agua. INFORME DE ENSAYO: 13047/2021. ALS Life Sciences Division, Latin America
- Ref 4. ALVARADO, A., LEVET, O., 2014. Manual de protocolos de producción de especies utilizadas por el programa de arborización. Corporación Nacional Forestal. Gerencia Forestal. Departamento de Arborización. Santiago de Chile
- Ref 5. AMERICAN NURSERY & LANDSCAPE ASSOCIATION. 2004. American Standard for Nursery Stock
- Ref 6. ARNOLD, F. 1996. Manual de vivero forestal: elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile. Editado por CONAF: Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica.
- Ref 7. CARRASCO, C. Y FUENTES, R. 2013. Informe monitoreo de Tamarugos. Centro de Investigación en Medio Ambiente. Universidad Arturo Prat. Iquique
- Ref 8. CARTES RODRÍGUEZ, E., ACEVEDO TAPIA, M., GONZÁLEZ ORTEGA, M., et al (2019). Manual de manejo de riego y fertilización en viveros de plantas a raíz cubierta. Santiago, Chile: INFOR.
- Ref 9. CEDREM CONSULTORES, 2020. Seguimiento al Plan de Manejo Biótico asociado a la RCA 021/2016.
- Ref 10. FAO. 1989. Arid zone forestry: A guide for field technicians.
- Ref 11. GREEN, J., CAPIZZI, J. Y MALOY O. 1990. A SYSTEMATIC APPROACH TO DIAGNOSING PLANT DAMAGE. ORNAMENTALS NORTHWEST ARCHIVES Nov.-Dec. 1990 Vol.13, Issue 6 Pages ii-24
- Ref 12. GRIESBACH, J. ET al. 2011. Safe Procurement and Production Manual A Systems Approach for the Production of Healthy Nursery Stock. Oregon Association of Nurseries
- Ref 13. INN. 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. NCh1333. INE
- Ref 14. RIEDEMANN, P., ALDUNATE, G. y TEILLIER, S. 2006. Flora Nativa de Valor Ornamental Zona Norte. Identificación y propagación. Corporación Jardín Botánico Chagual. Santiago, Chile.
- Ref 15. SALTO, C., GARCIA, M. Y HARRAND, L. 2013. Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de Prosopis. Quebracho Vol.21(1,2):90-102

- Ref 16. SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL, 2016. Resolución de Calificación Ambiental N° 021/2016
- Ref 17. SOLLENBERG, D. 2016. Revised Seed Collecting Strategies for Difficult Species. Chicago Botanic Garden. Recuperado de: <https://sciencecollections.org/content/revised-seed-collecting-strategies-difficult-species> 210403
- Ref 18. SOTO, J., ROMÁN-FIGUEROA, C., PANEQUE, M., 2019. A Model for Estimating the Vegetation Cover in the High-Altitude Wetlands of the Andes (HAWA). Revista Land 2019.
- Ref 19. TYLER, C. 1997. Geomorphological and Hydrological Controls on Pattern and Process in a Developing Barrier Island Salt Marsh. thesis. University of Virginia
- Ref 20. YEAGER, T. 2001. Irrigation and Nutrient Management Considerations for Container Nurseries. Fact Sheet ENH 156. Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida